

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

С.В. Абламейко, Ю.И. Воротницкий, В.П. Кочин  
Белорусский государственный университет, Минск

*Рассмотрены основные направления и технологии формирования беспроводных инфраструктур, обеспечивающих реализацию современной концепции мобильного обучения в учреждениях образования.*

### Введение

В XXI в. информационно-коммуникационные технологии стали важнейшим фактором, определяющим развитие общества. Информатизация государственного управления, экономической и социальной сфер, общественной и индивидуальной жизни граждан является необходимым условием для вхождения в современную информационную цивилизацию. Успешность на этом пути в первую очередь зависит от интеллектуального потенциала нации, качества национальной системы образования, ее способности эффективно функционировать в условиях информационного общества и удовлетворять его потребностям [1].

В условиях информационного общества информатизация системы образования является одним из главных условий ее реформирования и модернизации. Это обусловлено тем, что именно в сфере образования подготавливаются и воспитываются люди, не только формирующие новую информационную среду общества, но которым предстоит самим жить и работать в этой новой среде. В Республике Беларусь как и во многих других странах мирового сообщества все большее внимание уделяется проблеме информатизации образования, которая рассматривается как одна из наиболее важных стратегических проблем развития информационного общества [2].

### 1. Концепция мобильного обучения

В настоящее время созданы условия для широкомасштабного внедрения инновационных моделей информационно-коммуникационного обеспечения системы образования, основанных на «облачных» и грид-технологиях [3, 4]. Построена высокоскоростная коммуникационная научно-образовательная среда, основу которой составляет Единая научно-информационная компьютерная сеть Республики Беларусь (НИКС) [5]. Базовыми элементами здесь являются сети Министерства образования Республики Беларусь UNIBEL, Национальной академии наук Беларуси BASNET и Белорусского государственного университета BSUNET.

На современном этапе можно выделить факторы развития информационного общества, существенно влияющие на методологию и технологии информатизации системы образования:

- высокая степень обеспеченности населения личными персональными компьютерами;
- тенденция к замене стационарных личных компьютеров мобильными устройствами на различных платформах (ноутбуками, планшетами, букридерами и смартфонами);
- доступность широкополосного Интернета по месту учебы, работы и из дома, в том числе с помощью мобильных устройств.



В результате формируются вторичные факторы, оказывающие непосредственное воздействие на процессы внутриуниверситетской информатизации:

- наличие у обучаемых и педагогов прочно сформировавшихся навыков использования компьютеров, информационно-коммуникационные технологии в повседневной жизни, общий рост уровня компьютерной грамотности;
- высокая степень обеспеченности обучаемых и преподавателей личными, в том числе мобильными компьютерными устройствами;
- формирование (особенно в молодежной среде) внутренней потребности непрерывно использовать современные средства коммуникации и Интернет;
- быстрый рост доли электронных образовательных ресурсов, используемых студентами в общем объеме учебных материалов;
- широкое распространение и востребованность цифровых медиатехнологий (IP-телефония, скайп, интерактивное телевидение и т. п.);
- нарастание угроз безопасности образовательных сетей, в том числе вследствие подключения личных мобильных устройств к этим сетям.

Современное информационное общество стремительно становится мобильным. Доступ к информации и сервисам должен обеспечиваться постоянно, независимо от времени и места нахождения пользователей. Для осуществления такой мобильности появились новые классы компьютерных устройств (смартфонов, планшетов), а также новые технологии работы с информационными ресурсами и сервисами («облачные» технологии).

На ближайшее время для системы образования актуальным становится лозунг: «Современный учащийся – мобильный учащийся!» Такой учащийся должен иметь постоянный доступ к образовательным ресурсам и сервисам: в учебном заведении, дома, в дороге. Это касается и других участников образовательного процесса: родителей, преподавателей, руководителей системы образования разных уровней. Мобильный учащийся является основой для создания новой парадигмы обучения – мобильной школы. Мобильность каждого участника образовательного процесса будет лежать в основе мобильного образования в новом информационном обществе [5].

Существенные изменения при организации мобильного обучения должны коснуться прежде всего образовательных стандартов, учебных программ и планов, учебников и учебных пособий в традиционном и электронном виде, образовательных ресурсов, методического обеспечения, а уже следом за этим – технических средств. Последние являются инструментом обеспечения мобильного доступа к образовательным ресурсам и сервисам, которым отдается приоритет при создании и дальнейшем развитии системы мобильного обучения.

Мобильное обучение становится частью новой картины образования, созданной благодаря технологиям, поддерживающим гибкое, доступное, индивидуальное обучение. Как отмечается в целях Программы ЮНЕСКО «Образование для всех», мобильные технологии могут помочь в предоставлении качественного образования для развития детей, молодежи и взрослых во всем мире [6].

Непосредственным результатом применения мобильных компьютерных устройств (планшетов, ноутбуков, смартфонов) в системе образования должно стать повышение качества образовательного процесса, которое может быть достигнуто за счет следующих факторов:

- обеспечения управляемого мобильного доступа к национальным и мировым электронным образовательным ресурсам независимо от мест учебы и проживания учащихся и педагогов;



– использования активных форм образовательного процесса, таких как компьютерная диагностика пробелов в знаниях, индивидуальный учебный тренинг, виртуальные лаборатории, онлайн-турниры и т. п.;

– развития национальной системы электронных услуг в системе образования и предоставления мобильного доступа к этим услугам для руководителей системы образования, педагогов, учащихся и их родителей;

– обеспечения непрерывности образовательного процесса в школе и дома за счет активного вовлечения в него компьютерных устройств, находящихся в личном пользовании;

– развития творческого потенциала учащихся вследствие возможностей, предоставляемых мобильными устройствами для компьютерного моделирования, разработки презентационных материалов, творчества в сфере изобразительного искусства, музыки и т. п.;

– усиления мотивации школьников к познавательной деятельности и самообразованию за счет повышения наглядности и эмоциональной насыщенности учебного материала, создания интеллектуальной соревновательной среды.

Массовое уместное и управляемое использование мобильных устройств учащимися будет способствовать воспитанию у них информационной культуры, приобретению навыков жизни в информационном обществе, умений противостоять его угрозам и рискам. Таким образом, будет внесен существенный вклад в решение общегосударственной задачи обеспечения информационной безопасности отдельной личности, общества и государства в целом.

Сложившаяся к настоящему времени концепция мобильного обучения предполагает активное вовлечение в образовательный процесс на всех уровнях образования личных мобильных устройств учащихся и педагогов. Их интеграция в информационно-образовательную среду учебных заведений может осуществляться только путем создания беспроводной сетевой инфраструктуры, обеспечивающей подключение мобильных устройств к локальной сети учебного заведения, национальной и международной научно-образовательным сетям.

## **2. Технологии построения беспроводных инфраструктур учреждений образования**

Развитие инфраструктуры широкополосного беспроводного доступа на территории учебного заведения должно обеспечить:

1) максимальное привлечение в образовательный процесс личных мобильных устройств, которые сегодня имеются у большинства студентов и преподавателей. Время экстенсивной информатизации системы образования, в основе которой лежало увеличение числа персональных компьютеров и компьютерных классов, осталось в прошлом. Приобретение новых компьютеров должно лишь поддерживать существующий парк вычислительной техники в актуальном состоянии;

2) комфортные условия доступа в сети для гостей учебного заведения – белорусских и зарубежных учащихся, преподавателей и ученых, посещающих учебное заведение, приехавших на включенное обучение, стажировку или на временную работу. Это особенно актуально в свете интеграции национальной образовательной системы в Болонский процесс;

3) наличие широкополосного беспроводного доступа, что приведет к широкомасштабному внедрению новых образовательных технологий, основанных на использова-



нии мультимедиа и интерактивных средств взаимодействия участников образовательного процесса.

На сегодняшний день для обеспечения беспроводного подключения мобильных устройств учащихся и педагогов к научно-образовательной сетевой инфраструктуре используются две основные технологии:

Wi-Fi, реализуемая как стационарный или мобильно развертываемый беспроводной сегмент сети учебного заведения;

Wi-Fi, реализуемая как услуга стороннего оператора на территории учебного заведения;

3G (4G), реализуемая как услуга, предоставляемая мобильными операторами.

Последняя технология находит применение, во-первых, в связи с развитием «облачных» технологий, когда доступ к ресурсам, размещаемым и доступным только в локальной сети учебного заведения становится менее актуальным. Во-вторых, использование услуг мобильных операторов является приемлемым, когда развертывание собственной сети Wi-Fi нецелесообразно по экономическим или технологическим причинам. В-третьих, в учреждениях общего среднего образования возможности развертывания сетей Wi-Fi ограничиваются действующими санитарными нормами и правилами. Наконец, эта технология обеспечивает действительно повсеместный доступ участников образовательного процесса к информационным ресурсам.

Реализация беспроводной сети Wi-Fi как услуги стороннего оператора на территории учебного заведения, на взгляд авторов, крайне невыгодна для обучаемых и педагогов, противоречит принципам создания комфортных условий для подключения личных мобильных устройств и свободного доступа к образовательным ресурсам.

Как отмечалось выше, беспроводные сети Wi-Fi могут быть реализованы как стационарный или мобильный сегмент сети учебного заведения. В первом случае точки доступа беспроводной сети устанавливаются стационарно, обеспечивая покрытие учебных и административных помещений учебного заведения. При этом часто приходится решать задачу оптимизации их размещения, чтобы обеспечить необходимое покрытие, возможность подключения требуемого числа пользователей и приемлемую с точки зрения санитарных норм мощность сигнала в учебных аудиториях.

Принципиальным с точки зрения безопасности беспроводной сети является наличие централизованного управления и единой системы аутентификации пользователей на основе их персональных реквизитов (логина и пароля). Целесообразно использование таких средств аутентификации, как RADIUS-сервер. Он позволяет интегрировать беспроводной сегмент сети учебного заведения в инфраструктуру международной федерации роуминговой аутентификации eduroam [7]. К сожалению, в республике эта интеграция выполнена только сетями БГУ и НАН Беларуси. С одной стороны, это позволило предоставить быстрый и безопасный доступ в научно-образовательные сети Республики Беларусь и Интернет для членов мирового академического сообщества, посещающих БГУ и НАН Беларуси. С другой стороны – обеспечить быстрый и безопасный доступ в зарубежные научно-образовательные сети и Интернет для белорусских студентов, аспирантов, педагогов и научных сотрудников при посещении зарубежных учебных заведений и исследовательских центров.

Мобильные сегменты беспроводных сетей могут развертываться в отдельных учебных аудиториях (классах). Так, на современном этапе мобильный школьный класс может стать основным вариантом комплектования общеобразовательного учебного заведения при условии корректировки санитарных норм. Главная задача, которую должен решать такой класс, – обеспечение компьютерной поддержки проведения занятий по конкретному предмету.



Основными требованиями к мобильному школьному классу являются:

- достаточное количество поддерживаемых мобильных устройств для всех учащихся класса и преподавателя;
- наличие управляемого качественного доступа к образовательному «облаку» и в Интернет с любого мобильного устройства;
- наличие необходимого программного обеспечения образовательного назначения, которое нецелесообразно размещать в «облаке», на всех мобильных устройствах;
- мобильность и защищенность оборудования при транспортировке в пределах учебного заведения.

Так, в [8] предлагается следующий состав оборудования школьного мобильного класса:

*Специализированный учительский ноутбук.* Кроме традиционных функций компьютера для преподавателя такой ноутбук может выполнять функцию обеспечения беспроводного доступа в сеть школы, к образовательному «облаку» и Интернет. Для этого ноутбук подключается к проводной компьютерной сети школы, а ко второй сетевой карте (например, внешней, подключаемой к ноутбуку по USB) подключается точка беспроводного доступа, обеспечивающая сетевой доступ до 30 пользователей.

*Точка беспроводного доступа.* Данная точка должна функционировать в пределах учебного класса и поддерживать не менее 30 сетевых соединений. Сетевые стандарты – IEEE 802.11b/g/n, скорость передачи данных – не менее 300 Мбит/с.

*Видеопроектор с переносным экраном.* Обязательное наличие видеопроектора в составе мобильного класса объясняется спецификой проведения традиционного школьного урока. Часть урока учитель посвящает вопросам, которые предполагают концентрацию внимания всех учащихся на одном и том же учебном материале (например, объяснение новой темы, фронтальный опрос). Демонстрация данного материала на экранах планшета возможна, но по учебному эффекту значительно проигрывает демонстрации на большом экране. Целесообразно иметь возможность демонстрации презентаций через беспроводной интерфейс (Bluetooth или Wi-Fi).

*Планшеты учащихся.* Планшеты учащихся не должны предполагать привязки к конкретному ученику. Идентификация пользователя и его дальнейшая аутентификация в сети должны проводиться с использованием интеллектуального билета учащегося на основе смарт-карты. Для этого планшеты оснащаются устройством считывания RFID-меток на базе чипа Mifare+, используемого в системе образования. В результате планшет должен предоставить конкретному ученику авторизованный доступ ко всем необходимым программам, ресурсам и сервисам, в том числе к его личным учебным результатам и созданным им файлам, хранимым в «облаке».

*Средство транспортировки.* Необходимо предусмотреть удобное средство транспортировки мобильного класса. Оно должно быть рассчитано примерно на перемещение груза в 20 кг (ноутбук – 2,5 кг, видеопроектор – 2,5 кг, 25 планшетов по 0,6 кг).

*Устройство для зарядки.* Планшет должен обеспечивать автономную работу в течение не менее шести часов. После окончания учебного дня планшеты мобильного класса (до 30 планшетов) должны подключаться к одному-двум зарядным устройствам.

Школьный мобильный класс должен в первую очередь применяться на уроках, предполагающих большой объем индивидуальной самостоятельной работы учащихся.

В любом случае можно выделить специфические требования, предъявляемые к образовательным беспроводным сетям:

- необходимость покрытия значительного числа помещений, в том числе прилегающих друг к другу;
- большое и неравномерно распределенное число пользователей;



- ограничения по мощности сигнала и местам размещения точек доступа, диктуемые санитарными нормами и правилами;
- необходимость обеспечения эффективного прохождения мультимедийного трафика;
- наличие централизованной системы идентификации и аутентификации, обеспечение сетевой безопасности.

Удовлетворить данным требованиям можно, используя специальные средства автоматизации проектирования беспроводной инфраструктуры [9].

### **3. Оптимальное проектирование беспроводной инфраструктуры**

С учетом сформулированных выше требований к беспроводным образовательным инфраструктурам в БГУ в рамках заданий ГПНИ «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций на 2011–2015 гг.» были разработаны методы, алгоритмы и программные средства оптимального проектирования беспроводных сегментов научно-образовательных сетей [10–13]. Новизна предложенных решений состоит в том, что они позволяют обеспечить заданные требования к качеству обслуживания в беспроводных сетях с большим количеством (до 100) точек доступа, учитывая условия их развертывания и эксплуатации в учреждениях образования (неравномерное распределение пользователей, ограничения на излучаемую мощностью точки доступа, на их размещение в соответствии с действующими санитарными нормами и правилами, учет геометрии помещений и характеристик материала стен).

В качестве основных целевых критериев для оптимизации беспроводной инфраструктуры выбраны величина зоны покрытия, характеристики качества обслуживания и максимальное количество одновременно подключаемых пользователей. С учетом выбранных целевых критериев задача оптимального проектирования была уточнена с учетом ограничений, связанных с эксплуатацией беспроводных сетей в учреждениях образования. Варьируемыми параметрами являются координаты точек доступа и уровень излучаемого ими сигнала.

В качестве численных методов оптимизации беспроводной инфраструктуры корпоративных информационно-телекоммуникационных систем, позволяющих учесть многокритериальную специфику задачи, вести одновременный поиск в различных областях пространства решений для предотвращения сходимости к локальному экстремуму и эффективно распараллеливать вычислительный процесс, были выбраны методы, использующие генетические алгоритмы.

Разработан программный комплекс, реализующий параллельный вычислительный процесс оптимизации размещения точек доступа Wi-Fi внутри локальных подсетей с требуемым уровнем качества обслуживания.

Разработанные методика, алгоритмы и программные средства оптимизации беспроводной инфраструктуры научно-образовательных корпоративных информационно-телекоммуникационных систем целесообразно применять как на этапе проектирования беспроводных сетей «с нуля», так и при оптимизации уже функционирующих сетей.

### **Заключение**

На основании проведенных авторами исследований можно выделить следующие перспективные направления работ в области создания и использования беспроводных инфраструктур научно-образовательных сетей:



- развертывание централизованно управляемых стационарных беспроводных сегментов корпоративных сетей учреждений образования, использующих единую систему идентификации и аутентификации пользователей;
- разработка и применение мобильных беспроводных комплектов, обеспечивающих подключение планшетов, ноутбуков и смартфонов учащихся и педагогов в учебных аудиториях при проведении конкретных занятий;
- взаимодействие с мобильными операторами с целью обеспечения повсеместного доступа участников образовательного процесса к ресурсам национальной научно-образовательной сети;
- интеграция беспроводных сетей учебных заведений в международную федерацию eduroam;
- внедрение автоматизированных систем проектирования научно-образовательных беспроводных инфраструктур.

### Список литературы

1. Листопад, Н.И. Электронные средства обучения: состояние, проблемы и перспективы / Н.И. Листопад, Ю.И. Воротницкий // Высшая школа. – 2008. – № 6. – С. 6–14.
2. Стратегия развития информационного общества в Республике Беларусь на период до 2015 года (утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 09.08.2010 № 1174) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://www.pravo.by/webnpa/text.asp?RN=C21001174>. – Дата доступа : 12.10.2015.
3. Абламейко, С.В. Национальный образовательный грид-сегмент: стратегия развития и приложения / С.В. Абламейко, В.В. Анищенко, Ю.И. Воротницкий // Суперкомпьютерные системы и их применение : доклады Третьей Междунар. науч. конф., в 2 т. (Минск, 25–27 мая 2010 г.). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2010. – Т. 1. – С. 19–27.
4. Абламейко, С.В. Перспективы применения «облачных» технологий в системе образования / С.В. Абламейко, Ю.И. Воротницкий, Н.И. Листопад // Суперкомпьютерные системы и их применение : доклады Четвертой Междунар. науч. конф. (Минск, 23–25 окт. 2012 г.). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – С. 29–36.
5. «Облачная» концепция информатизации системы образования Республики Беларусь / С.В. Абламейко [и др.] // Информатизация образования. – 2012. – № 3. – С. 13–29.
6. Аналитическая записка Института Юнеско по информационным технологиям в образовании. Мобильное обучение [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://www.iite.unesco.org/pics/publications/ru/files/3214679.pdf>. – Дата доступа : 12.10.2015.
7. Интернет-сайт международной федерации eduroam [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.eduroam.org>. – Дата доступа : 12.10.2015.
8. Воротницкий, Ю.И. Мобильные компьютерные устройства в «облачной» информационно-образовательной среде общеобразовательной школы / Ю.И. Воротницкий, М.Г. Зеков, А.Н. Курбацкий. – Минск : РИВШ, 2012. – 100 с.
9. Кочин, В.П. Методы проектирования корпоративных информационно-телекоммуникационных систем, использующих беспроводные технологии / В.П. Кочин // Электроника инфо. – 2014. – № 12(114). – С. 15–26.
10. Кочин, В.П. Быстрая оценка мощности Wi-Fi-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания / В.П. Кочин, Ю.И. Воротницкий, Д.А. Стрикелев // Вестник БГУ. – Сер. 1. Физика. Математика. Информатика. – 2013. – № 1. – С. 45–50.

11. Воротницкий, Ю.И. Генетический алгоритм для оптимизации структуры беспроводной сети с заданным качеством обслуживания / Ю.И. Воротницкий, В.П. Кочин, Д.А. Стрикелев // Информатика. – 2014. – № 2. – С. 117–123.

12. Кочин, В.П. Модель трансляции качества сервиса при передаче мультимедийных данных через беспроводные сети / В.П. Кочин // Электроника инфо. – 2014. – № 7. – С. 44–46.

13. Кочин, В.П. Программный комплекс оптимизации расположения точек доступа Wi-Fi в корпоративной сети / В.П. Кочин // Электроника инфо. – 2014. – № 12. – С. 43–46.